第3章

RFIDのトラブルとリアルタイム・スペアナによる検証

RF信号とベースバンド信号の時間的相関を取りながら効率良く測定する

篠瀬吉男

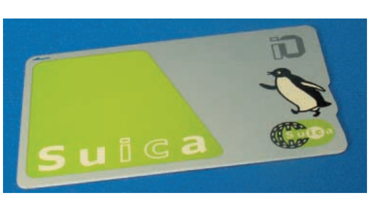
現在，RFID機器が身近になりつつある．RFIDは電波を用いてタグ（またはICカード）とその読み取り/書き込み装置（リーダ/ライタ）の間でデータのやり取りを行う．標準規格も複数策定されており，利用する周波数帯や変調方式もそれぞれ異なる．ここでは，RFIDの普及に伴って生じる電波干渉やアンテナの偏波，リーダの読み取りエラーなどの問題を解説する．とくに従来の計測器では検証することが困難な，RFIDのリーダ/ライタとタグ/ICカード間の通信において予想されるトラブルについて，リアルタイム・スペクトラム・アナライザを用いた検証方法を説明する．（編集部）

計測という分野に携わっていると，顧客からさまざまな要望を受けます．例えば，10年近く前には「多数の品物を一度に，一瞬のうちに認識できないか？」という要望を聞きました．このときには，「それはちょっと…」と思っていましたが，昨今のRFID（radio frequency identification）関連のニュースを見聞きしていると，その要望が実現されつつあると実感できます．

実際，非接触タイプのRFIDを利用した電車の定期券があたりまえのように使われていますし，筆者の財布には電子マネー機能付きのクレジット・カードも入っています（**写真1**）．先日CDを購入したときも，渦巻状のアンテナを備えた13.56MHzのRFID付き管理カードを見かけました．また，顧客の会社を訪問する際に入口でRFIDカードを渡される機会も増えています．

このほか，現在開催されている愛知万博（2005年日本国際博覧会）の入場券にも2.4GHz帯のRFIDタグが採用されています．参加したいアトラクションをWebサイトで事前予約すると，RFIDタグに埋め込まれた情報によって現地で簡単に手続きできるようです．

さらに，上記の13.56MHz，2.4GHz帯のRFIDに加えて，2005年3月23日には総務省が952MHz～954MHzのUHF帯RFIDを認可する方向性を明らかにしました．国際的にも，無線ICタグの国際標準化団体であるEPC（Electronic Product Code）globalがUHF帯の第2世代（Generation 2）RFID仕様を承認しており，総務省が予測している2010年における国内のRFID経済効果の9兆円～31兆円に向けて，確実に前進しているようです．



（a）電車の乗車券



（b）パビリオン入館カードとミューチップ

写真1　RFIDの応用例

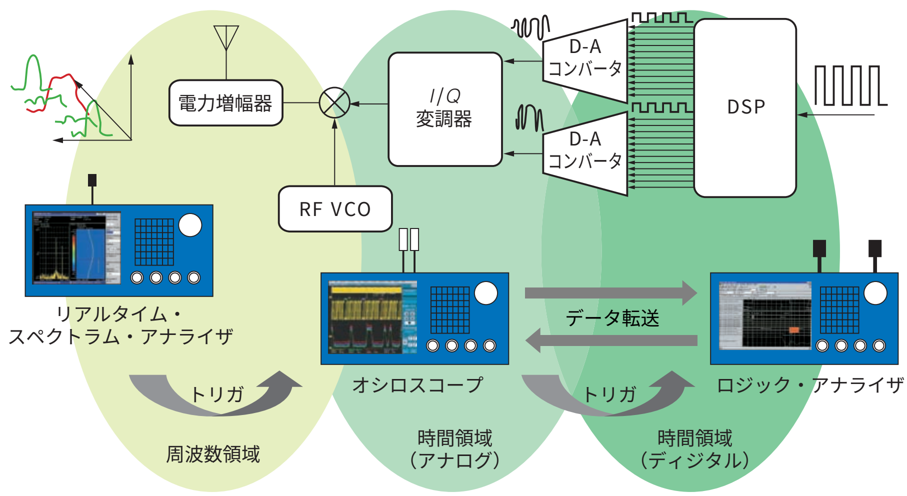
RFIDの応用製品が実用化されつつある．（a）はすでに実用化されているJR東日本の乗車券ICカード「Suica」．RFIDとしてはソニーのICカード規格FeliCaを採用している．（b）は，現在開催中の愛知万博における日立製作所のパビリオンの入館カード．同社のRFIDタグ「ミューチップ」が組み込まれている．

最近のRF機器開発における測定器の利用法

近年のディジタル技術の目覚しい発展に伴って，RF機器開発現場で使用される測定器も変化しています．ここでは，その事例を紹介します．

最近の送信機は送信するデータがディジタル化されていますが，その前段にディジタル信号処理（DSP）系が含まれています．これをブロック図で描くと，図A-1のように簡略化できます．最終的に送信される RF 信号に不ぐあいがある場合，RF 測定機器だけでは判断できないケースが増え，それぞれの領域で使用する計測器を有機的に連携した評価が必要になってきます．ディジタル領域とアナログ領域の計測の連携は，従来からロジック・アナライザ，ディジタル・オシロスコープのトリガ機能を使用し，測定を同期させることで実現されています．しかし，一般的なRF計測器は，同期という意味でのトリガ機能を持たないため，連携は困難でした．

リアルタイム・スペクトラム･アナライザは，IF（中間周波数）レベル・トリガや周波数マスク・トリガで外部機器をトリガしたり，外部トリガでRF信号を取り込むことができるため，最近の送信機や受信機の検証，とくにベースバンドのディジタル処理に起因するRF部の障害究明に有効です．



図A-1
RF送信機の各ブロックと使用される計測器
最終的に送信機から出力される信号の異常は，そこまでに到達する信号の各ブロックに戻って原因が究明される．リアルタイム・スペクトラム・アナライザで異常を検出し，トリガ出力によりオシロスコープ，ロジック・アナライザを同期することで，各ブロックの異常時の解析が容易に行える．

その利便性ゆえ，今後の急速な発展が見込まれるRFIDですが，普及にあたっては懸念される課題もあります．ここではこれらの課題を挙げながら，RFIDなどのワイヤレス通信機器の検証について解説します．具体的には，高周波を使用するワイヤレス通信の計測に必要となるリアルタイム・スペクトラム・アナライザを使用した設計検証の手法を紹介していきます（上掲のコラム「最近のRF機器開発における測定器の利用法」を参照）．

1 アンテナ偏波と電磁波干渉という課題

実際に電子マネーやRFIDの定期券などを使用していると，まれに読み取れないことがあります．つまり，RFIDを使用する環境（システム）で，なんらかの不ぐあいが生じているわけです．電子マネーや定期券などで実用化されているRFIDは，13.56MHzという比較的低い周波数の電波を用いていますが，今後RFIDの需要が増え，使用できる電波の周波数帯も増加していくと，さらにいろいろな問題が生じるものと予想されます．

技術的な機器設計とは直接かかわらない分野における課題としては，コストの問題と個人情報などのセキュリティの問題が挙げられます．RFIDタグのコストは，現状では物品管理の主役であるバーコードと比較すると数十倍の開きがあり，単価が1円以下のバーコードを簡単に置き換えることはできないようです．しかし，小さなタグに収まる情報量は，バーコードのそれとは比較にならないので，大幅な業務改善につながることが実証されれば，コストの問題は緩和されると思います．一方，セキュリティについては，RFIDタグによってプライバシのトレース（追跡）が容易になるなど，便利さと逆比例する要素もあり，運用面での検討が必要になります．

● 電波を使う機器特有の問題が技術課題に

技術的な課題としては，以下のような項目が挙げられ

ます．

1）リーダ/ライタ，タグの相互干渉や衝突

リーダ/ライタ（IDの読み出し/書き込みを行う端末）やRFIDタグは通信機器の一つです．設計段階においてこれらの機器を同時に複数使用することを想定しておらず，電波の到達する範囲内に複数のリーダ/ライタやRFIDタグが存在した場合，電波干渉を起こす可能性があります．最初から複数のタグを読み取るように設計されたものは別ですが，設計者の想定外の情況で機器が使われるような場合，リーダとライタの間の干渉やタグの衝突が起こることがあります．

2）アンテナ偏波面や取り付け環境に起因する不ぐあい

RFID機器は通信機器なので，アンテナが重要な役割を担います．アンテナから放出される電波は，地面に対する電界面の状況に応じて次のように分けられます．

- 地面に対して水平：水平偏波
- 地面に対して垂直：垂直偏波
- 地面に対して回転：円偏波

リーダ/ライタとタグのそれぞれのアンテナの偏波面が合わずに読み取りエラーが発生する可能性があります．また，タグの取り付け場所や取り付ける素材の影響を受けることも考えられます．多数のタグがさまざまな方向を向くことが想定されるアプリケーションでは，重要な問題となります．

3）ほかのシステムとの干渉

同じ周波数をさまざまな用途で使用する場合，異なるシステムの通信機器との間で相互に干渉することがあります．例えば，2.4GHzのISM（Industrial，Scientific and Medical）バンドでは，BluetoothやZigBee，ワイヤレスLAN（IEEE 802.11b/g）などの通信方式に対応した機器や電子レンジなどが使用されており，設置場所によっては相互に干渉することがあります．

また，日本では，今後認可される予定のUHF帯の両側が携帯電話で使用されているため，電波スプリアス発射強度の許容値仕様も厳しく，開発したRFID機器による電波の漏えいにはとりわけ注意が必要です．

2 ワイヤレス機器開発で見るべき信号

RFID機器は，リーダ/ライタとタグの間でバースト的な通信を行います．時間的に変化するRF信号を含めた機器の検証は，要因が送信側と受信側のどちらなのか，RF部だけでなくベースバンドにも起因するものはないのかなど，環境や外来からの影響なども加わって困難になってきています．

● RFとベースバンド，観察する信号に合った測定器を選ぶ

それでは，具体的にどのような信号を観測する必要があるのでしょうか．以下にRF部とベースバンド部のそれぞれについて説明します．

1）RF部 ――スペアナ，変調信号アナライザなど

周波数は有限の資源であることから，各国の法律は使用限度（周波数帯）を設定し，規制しています．したがって，設計者は法律で規制されている項目を遵守する必要があります．この目的では，周波数利用状況を把握するためのスペクトラム・アナライザが使用されます．また，RF機器を構成する部品の品質を周波数軸上で定量的に評価するために，ネットワーク・アナライザが使用されます．これによって，さまざまな部品の電気的パラメータの周波数特性を測定できます．

さらに，最近のRF通信機器はディジタル変調技術を使用しているので，その信号品質を評価するものが必要です．この用途には，変調信号アナライザを使用します．変調信号アナライザは，さまざまなディジタル変調の信号品質を評価するためのEVM（error vector magnitude；*I*軸，*Q*軸で直交変調された信号の理想波形と計測波形の差）機能やシンボル復調機能を提供します．また，最新の通信規格に対応するRF機器を開発するためには，実機を設計する前に送信機をシミュレーションする信号源が必要です．ディジタル変調は，前述のように*I*軸，*Q*軸信号による直交変調を基本としているので，*I*軸と*Q*軸の信号をベクトルとして考えるベクトル信号発生器が使用されます．

2）ベースバンド部

RF機器のベースバンドの周波数帯域はRF部と比べると低く，高速無線通信を実現しているワイヤレスLANにおいても20MHz程度です．同期しているディジタル処理回路も同程度なので，最近では比較的安価になっているディジタル・オシロスコープやロジック・アナライザがベースバンド部の検証に使用されています．

● 周波数や変調信号などの各領域間の時間的相関が重要に

ところで，RF部の設計検証を考えた場合，上記の計測

リアルタイム・スペクトラム・アナライザを使いこなすコツ

ここでは，米国Tektronix社の「RSA3408A」を例にリアルタイム・スペクトラム・アナライザの使いかたを紹介します．

1）マルチドメイン解析（時間，周波数，変調解析の時間的相関）

図B-1は，本測定器を用いて，13.56MHzの電子マネー用非接触ICカードとそのリーダの実際の通信状況をマルチドメイン解析したものです．

図B-1（a）の左上のウィンドウは，リーダからのRFパワーの時間的推移を示しています．途中でパワーの微小変動が起こり，これがリーダ/ライタとICカードの通信を示しています（**図B-1（a）**の左上のウィンドウの緑の線で囲まれた部分）．この部分のAM復調波形を拡大表示したものが**図B-1（a）**の下側のウィンドウです．この中で，左側のバースト部分がリーダ/ライタからの信号であり，それから2.3ms後にICカードのバースト応答が返っています．右上のウィンドウは，その応答部の周波数スペクトラム分布を表示しています．

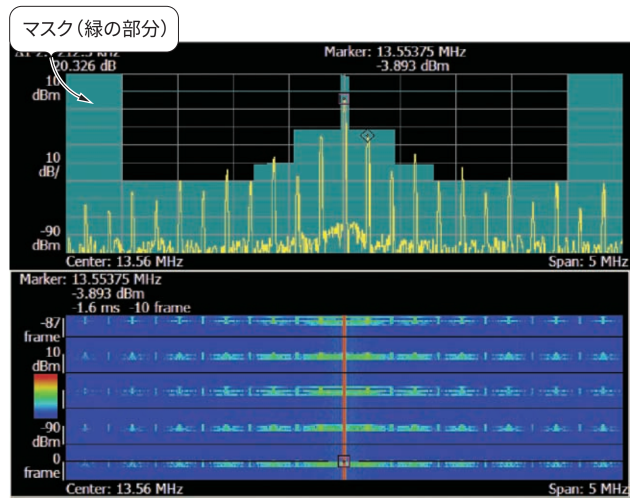
このように，三つのウィンドウによって，RFパワーの時間変化を見ながら，特定箇所の変調度の変化や周波数スペクトラムを同時に測定することができます．

さらに，**図B-1（b）**のように，ICカードの応答箇所を選択するなどして，特定バーストのシンボル復調とコンスタレーションを同時に表示することで，変調品質を目視することも可能です．

2）スペクトラムを即座に検出する周波数マスク・トリガ

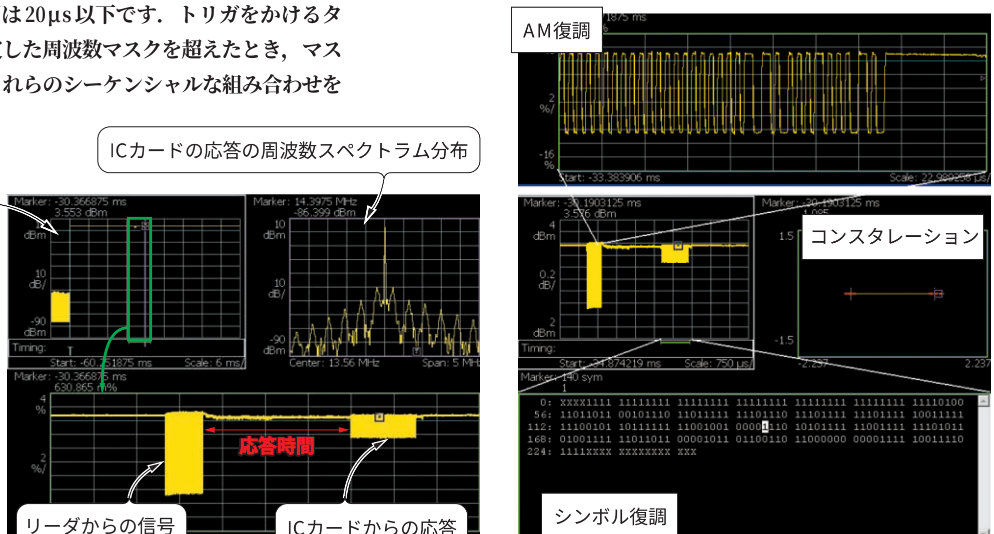
図B-2に示すように，マウスを使用して画面上に描いた周波数マスクと実際のスペクトラムをリアルタイムに比較することによって，トリガをかけることができます．このリアルタイム・トリガの帯域幅は最大36MHzであり，処理時間は20μs以下です．トリガをかけるタイミングは，例えば信号が設定した周波数マスクを超えたとき，マスク内に入ったとき，あるいはこれらのシーケンシャルな組み合わせを設定できます．

また，トリガが発生したとき，後部パネルの端子からトリガ信号を出力します．この信号をディジタル・オシロスコープやロジック・アナライザに与えることで，例えば不ぐあいが発生した際のベースバンドにおけるディジタル回路の状態を知ることができます．



図B-2　周波数マスク・トリガ設定と取り込み事例

マスク・トリガによって，基準を超えた瞬間や，異常値から正常状態に戻ったとき，あるべきスペクトラムが消えたときなどに，信号の取り込みを開始することができる．



（a）AM復調　（b）マルチドメイン解析の詳細

図B-1　マルチドメイン解析

（a）はAM復調機能により測定したもの．（b）は，AM復調波の拡大表示と，コンスタレーション，シンボル復調の機能を時間領域と連携して表示したもの．

器で多用されるのがスペクトラム・アナライザと変調信号アナライザになります．最近では，両者の内部部品構成が似ていることから，両者の機能を持ち，時間的な相関を取りながら総合的に評価できるリアルタイム・スペクトラム・アナライザが開発され，RF機器のRF部の検証に使われています（上掲のコラム「リアルタイム・スペクトラム・アナライザを使いこなすコツ」を参照）．また，現在はディジタル通信で，しかもバースト的に通信していることが多

いことから，RF信号とベースバンド信号の時間的相関を取らないと現象を的確に判断できない要素が増えてきています．リアルタイム・スペクトラム・アナライザは，アナログ復調，ディジタル復調をRF信号と時間相関を取りつつ実施することから，ベースバンドに関連する検証やトラブル・シューティングに用いられます．

リアルタイム・スペクトラム・アナライザはその名が示すように，基本的にはスペクトラム・アナライザと同じ機能を持ち，操作方法もほとんど同じです．ただし，アナライザの内部構造は異なります．**図1**に示すように，従来のスペクトラム・アナライザはローカル・オシレータの周波数掃引信号による測定信号のスーパ・ヘテロダイン周波数変換[注1]と，分解能帯域幅（RBW：resolution band width）[注2]フィルタから構成されています．

これに対して，リアルタイム・スペクトラム・アナライザは，RFの中心周波数を設定するだけです（**図2**）．また，スーパ・ヘテロダイン周波数変換後には広帯域フィルタを通り，このフィルタの周波数帯域に十分見合った高速で高分解能のA-Dコンバータでディジタル化します．周波数解析はFFT（fast Fourier transform）処理で行います．この結果，リアルタイム・スペクトラム・アナライザでは，この広帯域フィルタの帯域内の現象をその後のメモリに記憶でき，取りこぼすことがありません．このメモリに記憶された信号は，周波数解析や変調解析に使用され，時間領域，周波数領域，変調領域の時間相関を取った解析結果を得ることができます．

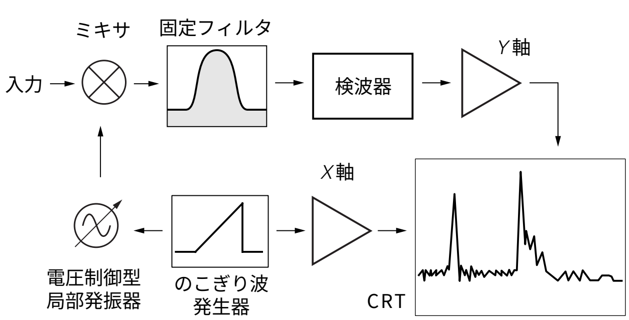


図1　スペクトラム･アナライザのブロック図

入力信号は，局部発振器によるスーパ・ヘテロダイン周波数変換後に，固定フィルタ（分解能帯域幅フィルタ）を通り，局部発振器による同調フィルタを構成し，Y軸に振幅値を出力する．そのときの掃引周波数を表すのこぎり波がX軸に入力され，スペクトラムを描く．

3 RFIDのトラブル・シューティング

RFIDの国際規格には，おもに人が使用する非接触ICカード用としてISO/IEC 14443や同15693，物流タグ用としてISO/IEC 18000やEPCglobalなどがあります（**表1**）．リーダ/ライタからタグへの通信では，おもにASK（amplitude shift keying），OOK（on-off Keying；ASK 100%[注3]と同等）などの変調方式が使用されます．タグからリーダ/ライタへの応答には，ASK，FSK（frequency shift keying），BPSK（binary phase shift keying）などが使われています

注1：スーパ・ヘテロダイン周波数変換では，測定するRF信号と局部発振器からの信号をミキサに入力すると，二つの信号の周波数の和信号と差信号が出力される．局部発振器の周波数を測定したい周波数帯の近くに設定すると，周波数差が小さいことから差信号は低い周波数に変換され，ローパス・フィルタで取り出すことができる．

注2：分解能帯域幅フィルタは，スーパ・ヘテロダイン周波数変換後に信号が通る狭帯域フィルタのこと．掃引型スペクトラム・アナライザの場合，複数の物理的フィルタから選択して使用される．リアルタイム・スペクトラム・アナライザの場合，ディジタル信号処理（DSP）により算出される．

注3：%はASK変調の変調度を示す．変調度はASKの場合，100%に近づくにつれて変調の度合い（包絡線の変化の度合い）が大きくなる．

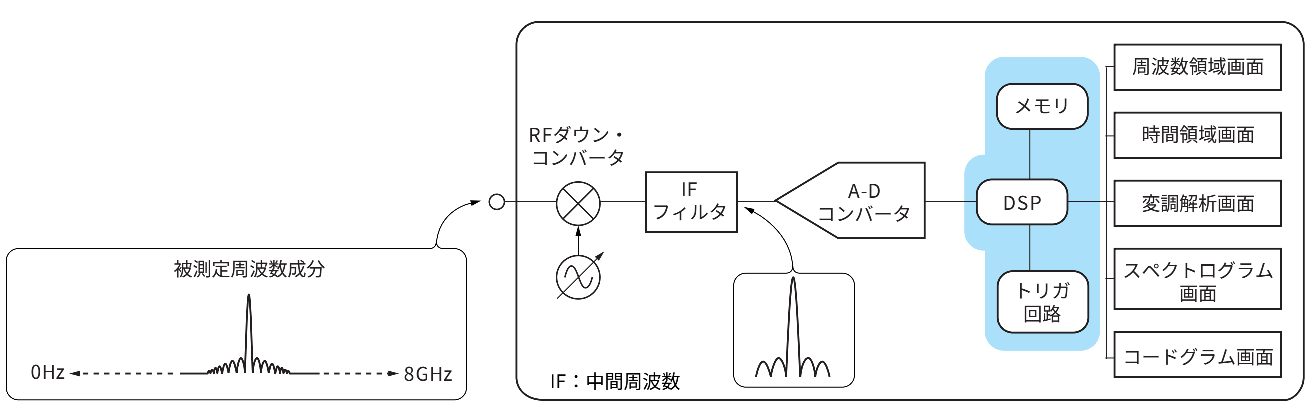


図2　リアルタイム･スペクトラム･アナライザのブロック図

掃引型と同じく，スーパ・ヘテロダイン変換後にリアルタイム帯域に相当するIF（中間周波数）フィルタを通り，A-Dコンバータによってメモリに取り込まれる．その後，FFT処理によってスペクトラムが表示される．局部発振器は中心周波数に設定され，掃引は行わない．

(**図3**).

また，ディジタル・データは，マンチェスタ符号やRZ(return to zero)，PPM(pulse position modulation)などで符号化されます．つまり，RFIDのデータは符号化され，ディジタル変調されてRF信号としてバースト的に送信されます．なかには，RFの周波数が時間的にホッピングするFHSS(frequency hopping spread spectrum)方式を併用している規格もあります．

RFIDの通信におけるトラブルとしては，伝送データのエラーに起因するものと，通信機器が外部に放射するノイズなどによるものなどが挙げられます．前者の場合，以下のようなものが起因して読み取り率を悪化させていることが考えられます．

- リーダ/ライタやタグ/ICカードの送受信部の不ぐあい
- リーダ/ライタとタグ/ICカードの相性
- 外部からのノイズ
- リーダ/ライタの設置場所やタグの取り付け場所

また，後者の放射ノイズについては，RFIDを利用する国ごとの法律や規制を遵守しなければなりません．

以下，これらの不ぐあいを検証するケースを想定して説明します．

● 読み取り率の悪化の原因を探る

まず，RFID機器において読み取りエラーが発生した場

表1　おもなRFID規格と通信方式

標準規格	周波数帯	リーダ/ライタ タグ/ICカード	Type A (Mode 1)		Type B (Mode 2)	
			変調方式	データ・レート	変調方式	データ・レート
ISO/IEC 18000-2	125kHz，134.5kHz	リーダ/ライタ	ASK 100％	3.7kbps～5.7kbps	ASK 100%	0.5kbps～4.0kbps
		タグ/ICカード	OOK	4kbps	FSK	9kbps
ISO/IEC 18000-3	13.56MHz	リーダ/ライタ	ASK 100%，10％	26.48kbps，1.65kbps	PJM	424kbps
		タグ/ICカード	OOK，FSK	26.48/6.62kbps 26.69/6.67kbps	BPSK	106kbps (8チャネル)
ISO/IEC 18000-4	2.4GHz～2.4835GHz (FHSS)	リーダ/ライタ	OOK	30kbps～40kbps	DGMSK	384kbps
		タグ/ICカード	OOK*1	30kbps～40kbps	差動BPSK	384kbps
ISO/IEC 18000-6	860MHz～960MHz (FHSS)	リーダ/ライタ	ASK 30％	33kbps	ASK 11％，99％	40kbps
		タグ/ICカード	backscatter *2	40kbps，160kbps	backscatter *2	40kbps
ISO/IEC 15693-2	13.56MHz	リーダ/ライタ	ASK 100％，10％	26.48kbps，1.65kbps	―	―
		タグ/ICカード	OOK，FSK	26.48/6.62kbps 26.69/6.67kbps	―	―
ISO/IEC 14443	13.56MHz	リーダ/ライタ	ASK 100％	106kbps	ASK 10％	106kbps
		タグ/ICカード	OOK	106kbps	BPSK	106kbps
ISO/IEC 18092	13.56MHz	リーダ/ライタ	ASK 100％，8～30％	106/kbps，212kbps，424kbps	―	―
		タグ/ICカード	ASK 100％，8～30％	106/kbps，212kbps，424kbps	―	―
EPCglobal Class 1 Generation 2	860MHz～960MHz (FHSS)	リーダ/ライタ	DSB-ASK，SSB-ASK，PR-ASK 90％	26.7kbps～128kbps	―	―
		タグ/ICカード	ASK，PSK	40kbps～640kbps 5kbps～320kbps	―	―

ASK：amplitude shift keying　FSK：frequency shift keying　OOK：on-off keying　PJM：phase jitter modulation　BPSK：binary phase shift keying
FHSS：frequency hopping spread spectrum　*1タグ側の入力を短絡(インピーダンス0)，あるいは開放(インピーダンス∞)して変調を行うOOK
*2 backscatter(後方拡散)変調は，負荷変調とも言われ，タグ/ICカードのアンテナ出力端のインピーダンス制御によって変調を行う

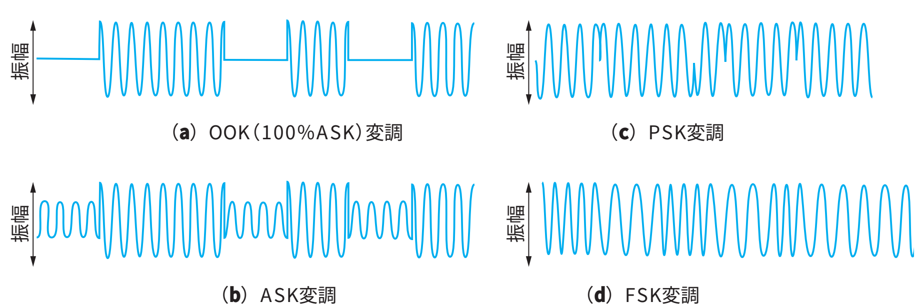


図3　変調方式

RFIDで使われる変調方式を時間変化波形として表現した．振幅で変調するASK，周波数で変調するFSK，そして位相で変調するPSK(phase shift keying)の3種類を示す．OOKは100％のASKと同じになる．DSB(double-side band)-ASKはRFの主搬送波の両側波帯を使用し，SSB(single-side band)-ASKは片方の側波帯のみを使用する．PR(phase-reversal)-ASKは，ベースバンドのデータの'1'，'0'によって主搬送波の位相を180°反転する仕様である．

3

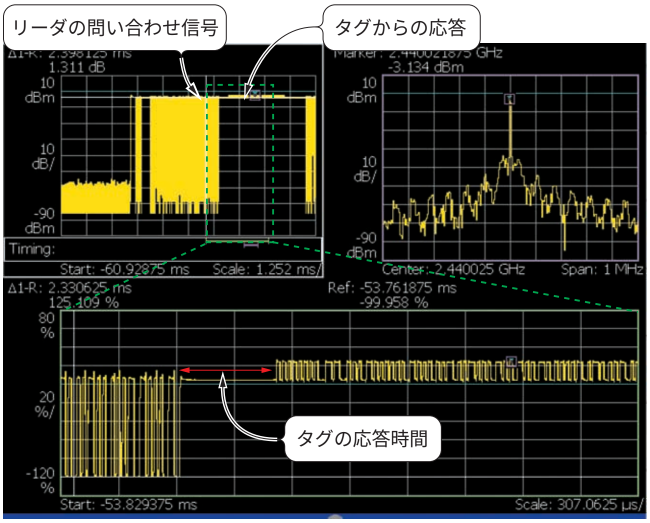


図4　ISO/IEC18000-4 規格 RFID AM 変調解析

AM 復調機能により，リーダからの問い合わせ信号に対するタグの応答など，通信の全体が解析されている．微小なタグ信号を解析するためのダイナミック・レンジと，全体を記録するロング・メモリが有効となる．

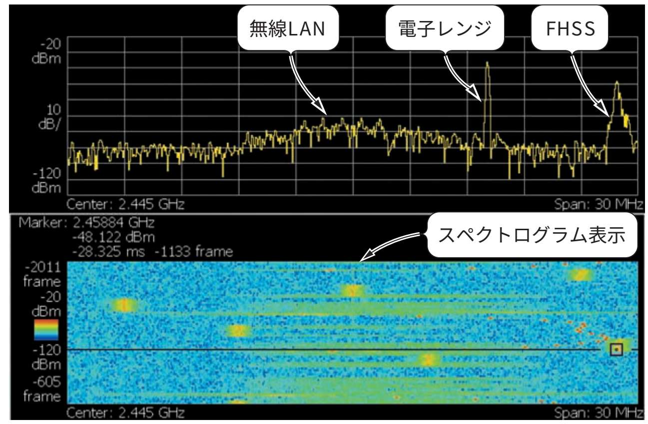


図5　2.4GHz ISM バンドの干渉実験の測定例

スペクトログラムの水平軸は周波数軸を，垂直軸は時間を示す．色は信号のレベル（強度）を表す．

合を考えます．

RFID 機器は前述のように，ASK，FSK などのディジタル変調によってデータをやり取りします．そのため，リーダ/ライタやタグ/IC カードの送信部の信号の不ぐあいや外来ノイズなどによる干渉が起これば，結果的に変調信号の品質が悪化することになります．

ここで，送受信の変調品質など，通信状況を総括的に把握できる手法があれば，上記の読み取りエラーの要因を切り分けることが可能となります．また，バースト通信する RFID 機器の場合，不要放射ノイズには時間的要素が絡みます．時間的に変化する信号の放射ノイズを捕らえることができれば，迅速にトラブル・シューティングを行えます．RFID のリーダ/ライタとタグ/IC カードの間の通信を総合的にとらえるには，両方の通信周波数帯全体に渡り，必要な時間の信号を取り込むことが必要になります．また，タグ/IC カードからの応答はリーダ/ライタの信号に比べると微小なケースが多いことから，ダイナミック・レンジの広い計測器が有効となります．

図4の上段左側のウィンドウは，2.45GHz 帯を使用する ISO/IEC 18000-4 のリーダ/ライタとタグの通信信号をリアルタイム・スペクトラム・アナライザ（米国 Tektronix 社の「RSA3408A」）で取り込んだものです．リーダからの問い合わせ信号と比較するとタグからの応答は非常に小さく，一見ノイズにしか見えません．これ（緑の点線で囲まれた部分）を拡大したものが**図4**の下側のウィンドウです．縦軸の単位は dBm から変調度%に変わっています．このウィンドウにより，リーダ/ライタでマンチェスタ符号化された信号（ウィンドウ左側）と，タグの応答（ウィンドウ右側）がリーダ/ライタの信号に重畳された形で確認できます．

このようにして，リーダ/ライタとタグの通信の全容や，タグの応答時間を測定します．測定時間の上限は周波数スパン（周波数の表示範囲）に依存します．今回使用したリアルタイム・スペクトラム・アナライザでは，5MHz スパンで 10s（秒），および 1MHz スパン（本事例）で 51.2s のデータを連続で取り込むことが可能です．読み取りエラーが発生する環境でこうした測定を行うと，リーダ/ライタの送信波の品質やタグの応答波の品質，タグの応答時間の問題を切り分けることができます．

また，2.4GHz 帯の ISM バンドは，ワイヤレス LAN，Bluetooth，ZigBee などに対応した通信機器のほか，そのほかの特定小電力無線機器や電子レンジなどでも幅広く使用されています．そのため，この周波数帯を用いた RFID は，外来からのノイズや干渉波による影響を受ける可能性が高くなります．

図5に，リアルタイム・スペクトラム・アナライザのスペクトログラム機能を使用したワイヤレス LAN と Bluetooth，および電子レンジの干渉測定事例を示します．スペクトログラムでは，水平軸は周波数軸を，垂直軸は時間を示します．また，色は信号のレベル（強度）を表します．この概念を図示したものが**図6**となります．このスペクトログラムでは，リアルタイム帯域内はスペクトラムの変動を

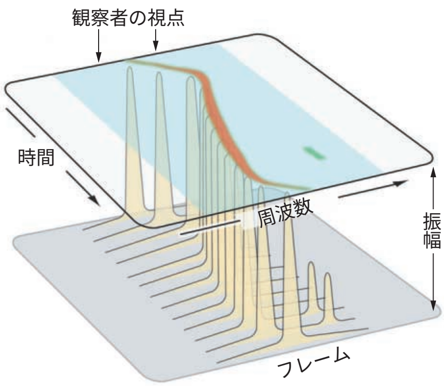


図6　スペクトログラムの概念図

周波数，時間，スペクトル強度を3次元表示している．水平軸が周波数，垂直軸が時間，色彩が周波数スペクトラムのレベル（強度）を表す．周波数スペクトラムの時間的遷移や干渉波の混入などを一目で把握できる．

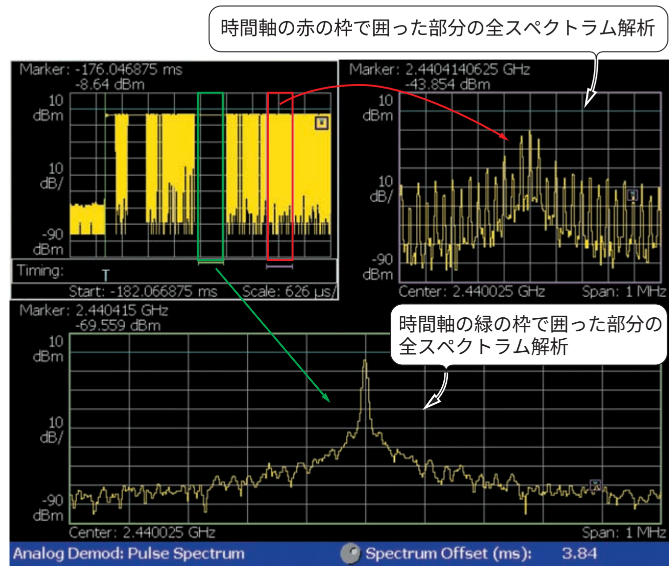


図7　任意の期間のスペクトラム表示

任意の区間の全スペクトラムを解析するパルス・スペクトラム機能を使用すると，バースト通信時の不要スペクトラムの放射や，タグへの電源供給時の正常な状態を容易に確認できる．

連続的に3次元表示します．そのため，FHSSなど，周波数の広い範囲で信号がホッピングする現象などをとらえるときに，通信の全容をわかりやすく表示します．

RFIDは，電子マネーの決済，商品/部品などの管理処理を比較的短時間で実施するシステムに使用されます．そのため，上記のような測定を通して送受信の品質の確認や，外来ノイズやほかのシステムとの競合の有無，設置環境の影響，アンテナ偏波面の影響などを総合的に把握して切り分けることが，システム運用面でも非常に重要になります．

● 不要放射波の検証

スプリアスなどの不要放射波が連続的に発生している場合，通常のスペクトラム・アナライザで検証できます．ただし，RFID機器の通信はバースト状に間欠的に発生します．ローカル・オシレータを掃引することによってスペクトラム解析を行う従来型のスペクトラム・アナライザでは，間欠的に発生するスプリアス発生の検証が困難になります．そこで，変動するスペクトラムを確実に捕らえ，取りこぼすことなくメモリに取り込む機能を利用します．この機能を筆者らは周波数マスク・トリガと呼んでいます．信号がマスクを越えたところでデータの取り込みが可能となり，スプリアスなどの不要放射の発見が容易になります．

例えば，みずから電源を持たないパッシブ型RFIDタグのリーダ/ライタは，自分が通信していないときもタグにパワーを供給していることと，自分のキャリアにタグの応答が重畳されることから，通信していないときのスプリアスの測定が必要になります．図7は，時間軸の任意の2点間における全スペクトラムを解析した事例を示しています（この機能はリアルタイム・スペクトラム・アナライザ特有のもの）．この信号は，図4のISO/IEC 1800-4規格の立ち上がり付近の部分を拡大して，リーダ/ライタがキャリアのみを送信している区間のスプリアスを測定しています．ここでは，スプリアスの少ない信号品質を確認することができます．

＊　＊　＊

RFIDを利用したシステムにおいて，リーダ/ライタとタグの通信の全容をRF領域でとらえることは，設計検証とトラブルの早期解決の基本になると考えます．今回取り上げた検証手法が，RFIDの設計，製造，品質保証，システムの設置，サービスにかかわるエンジニアの方の参考になれば幸いです．

しのせ・よしお
日本テクトロニクス（株）

<筆者プロフィール>
日本テクトロニクス 営業統括本部 計測営業統括部 AE部 RFアプリケーション課 課長．計測器や計測システムの営業，プロダクト・マーケティング，製品企画などを経て，現在，リアルタイム・スペクトラム・アナライザの技術サポート業務に従事．